



Analisis Perubahan Pola Musim dan Distribusi Frekuensi Curah Hujan di Sentani

Analysis of Changes in Seasonal Patterns and Distribution of Rainfall Frequency in Sentani

Wendel Jan Pattipeilohy^{1*}, Femmy Marsitha B¹, Ezri Yusina Ronsumbre²

¹Stasiun Klimatologi Papua Barat, Jl. Brigjen Marinir Abraham O, Atururi, Manokwari, Papua Barat, 98315

²Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah V Jayapura, Jalan Raya Abepura, Entrop, Jayapura Selatan, Kota Jayapura, Papua, 99221

*Email: wendeljan89@gmail.com

Naskah Masuk: 14 Juli 2023 | Naskah Diterima: 3 Juni 2024 | Naskah Terbit: 30 Juni 2024

Abstrak. Salah satu aspek penting dalam mendeteksi perubahan iklim yaitu dengan menganalisis perubahan variabel meteorologi seperti curah hujan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan iklim secara sederhana di Sentani menggunakan data curah hujan periode 1991 – 2020. Metode yang digunakan yaitu analisis secara kualitatif terkait pergeseran awal musim hujan dan kemarau pada periode 1 (1991 – 2005) dan periode 2 (2006 – 2020) terhadap normal klimatologinya. Kemudian membandingkan perubahan distribusi frekuensi pada masing – masing periode dan dilakukan uji statistik Mann Whitney untuk menguji signifikansi dari rata – rata curah hujan pada setiap periode. Selain itu untuk mendeteksi adanya perubahan kecenderungan digunakan uji Mann Kendall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi pergeseran pola musim dari normalnya dimana awal musim kemarau cenderung datang lebih awal dan awal musim hujan datang lebih lambat dari kondisi normal. Terjadi peningkatan intensitas curah hujan pada periode 2 dimana berdasarkan distribusi frekuensi, curah hujan pada periode 1 memiliki interval maksimum sebesar 250 – 300 mm/dasarian sedangkan pada periode 2 nilai maksimum dari interval curah hujan mencapai 400 – 450 mm/dasarian. Hasil uji statistik Mann whitney dan Mann Kendall mengkonfirmasi perbedaan yang signifikan rata – rata curah hujan antara dua periode tersebut dan kenaikan curah hujan yang signifikan selama 30 tahun terakhir.

Kata Kunci: Curah Hujan, Perubahan Iklim, Musim, Distribusi Frekuensi, Mann Kendall

Abstract. One important aspect in detecting climate change is by analyzing changes in meteorological variables such as rainfall. This research was conducted to analyze climate change in a simple way in Sentani using rainfall data from the period 1991 – 2020. The method used is qualitative analysis related to the shift in the onset of the rainy season and dry season in period 1 (1991 – 2005) and period 2 (2006 – 2020) compared to their climatological norms. Then, the changes in frequency distribution in each period were compared, and the Mann Whitney statistical test was conducted to test the significance of the average rainfall in each period. Additionally, the Mann Kendall test was used to detect any changes in trends. The results show a shift in the seasonal pattern from the normal, where the onset of the dry season tends to come earlier, and the onset of the rainy season comes later than the normal conditions. There is an increase in rainfall intensity in period 2, where based on the frequency distribution, rainfall in period 1 had a maximum interval of 250 – 300 mm/ten days, while in period 2, the maximum value of the rainfall interval reached 400 – 450 mm/ten days. The Mann Whitney and Mann

Kendall statistical tests confirm a significant difference in the average rainfall between the two periods and a significant increase in rainfall over the past 30 years.

Keywords: Rainfall, Climate Change, Season, Frequency Distribution, Mann Kendall

Pendahuluan

Perubahan iklim terjadi ketika pola dan intensitas unsur iklim mengalami perubahan selama periode waktu tertentu yang dapat dibandingkan ^[1]. Perubahan iklim merujuk pada perubahan dalam pola iklim di suatu wilayah atau negara yang dapat diidentifikasi, misalnya melalui penggunaan metode statistik, dengan perubahan rata – rata dan/ atau variasi dari karakteristik iklimnya. Perubahan ini terjadi dalam jangka waktu yang panjang, umumnya selama satu dekade atau lebih ^[2]. Salah satu aspek penting dalam mendeteksi perubahan iklim yaitu dengan menganalisis perubahan variabel meteorologi seperti suhu udara dan curah hujan. Perubahan iklim mengakibatkan peningkatan curah hujan di wilayah tertentu dan sekaligus kekeringan di tempat yang lain ^[3], selain itu perubahan iklim juga menyebabkan terjadinya peningkatan kejadian cuaca ekstrem serta berubahnya pola musim dan peningkatan luasan daerah rawan kering ^{[4] – [6]}. Dengan terjadinya peningkatan rata – rata suhu dan kejadian – kejadian cuaca ekstrem tersebut sangat berdampak luas terhadap manusia dan lingkungan ^[7].

Berdasarkan laporan IPCC tahun 2007 ^[8], perubahan sistem hidrologi yang berdampak pada meningkatnya intensitas banjir, menghangatnya suhu di laut serta terjadinya pergeseran musim dapat menyebabkan meningkatnya bencana hidrometeorologi di kawasan pesisir ^[9]. Wilayah Sentani secara administrasi merupakan distrik yang juga Ibukota dari Kabupaten Jayapura. Mengingat bahwa kondisi wilayah Pesisir Kabupaten Jayapura berhadapan langsung dengan laut lepas (Samudera Pasifik) dibagian utara, juga terdapat danau Sentani dan kawasan cagar alam Gunung Cyclopp ^[10] serta semakin tingginya aktivitas pembangunan maka secara tidak langsung wilayah Sentani sangat rentan terhadap bencana termasuk akibat perubahan iklim global ^[11].

Beberapa penelitian telah dilakukan secara sederhana untuk mengkaji perubahan iklim melalui studi perubahan dan pergeseran curah hujan dengan menggunakan analisis kecenderungan. Penelitian ^[12] menganalisis variabilitas curah hujan dan suhu di Bali menggunakan analisis kecenderungan untuk melihat perubahan curah hujan di Wilayah Bali. Hasil analisis menunjukkan bahwa pulau Bali secara umum sudah mengalami perubahan iklim salah satunya dilihat dari semakin meningkatnya curah hujan bulanan maupun tahunan. Selain itu penelitian lainnya ^[13] menganalisis perubahan musim dan perubahan pola tanam tanaman padi di Kabupaten Aceh Besar menggunakan perbandingan data curah hujan tahun 1990 – 1999 dan tahun 2000 – 2009 untuk melihat perbedaan atau pergeseran musim baik kemarau maupun musim hujan. Hasil analisis menunjukkan bahwa terjadi perubahan durasi musim kemarau dan musim hujan pada periode 2000 – 2009 dibandingkan dengan periode 1990 – 1999 dimana terjadi pergeseran awal musim kemarau dari bulan Juni menjadi Bulan Mei. Kemudian analisis terkait variabilitas curah hujan di Wilayah Indonesia termasuk wilayah Sentani dengan menggunakan beberapa parameter statistik yaitu standar deviasi, rata – rata, koefisien variasi dan periodisitas juga sebelumnya telah dilakukan ^[14]. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada enam Wilayah yaitu Aceh, Tabung, Balikpapan, Sentani dan Biak terjadi pergeseran pola curah hujan tahunan, sehingga puncak musim tidak tetap atau bergeser secara ekstrim dan siklus curah hujan bulanan pada umumnya terjadi pada periode 2 – 3 tahunan menggunakan metode WWZ di wilayah Sentani.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, maka pada kajian ini dilakukan analisis pergeseran pola musim dan perubahan distribusi frekuensi dari curah hujan dasarian di Wilayah Sentani. Selain itu analisis menggunakan uji statistik *Mann Whitney* juga dilakukan untuk menguji signifikansi dari perubahan rata – rata curah hujan serta uji Mann Kendall untuk mendeteksi adanya kecenderungan perubahan curah hujan di Sentani selama 30 tahun terakhir.



Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan dasarian diperoleh dari Stasiun Meteorologi Sentani, Jayapura dengan periode 1991 – 2020 (30 tahun) yang merupakan periode normal hujan yang baru. Kemudian data dibagi menjadi dua periode yaitu 1991 – 2005 (15 tahun) yang disebut sebagai periode 1 dan 2006 – 2020 (15 tahun) selanjutnya disebut sebagai periode 2. Selain itu, untuk membandingkan pergeseran awal musim hujan dan kemarau, digunakan data normal curah hujan (1981 – 2010) yang merupakan periode normal curah hujan yang lama.

Salah satu cara untuk meringkas data adalah dengan distribusi frekuensi, yaitu pengelompokan data kedalam beberapa kelompok (kelas) dan kemudian dihitung banyaknya data yang masuk kedalam tiap kelas ^[15]. Dalam penelitian ini data curah hujan dasarian dikelompokkan dalam beberapa kelas dan kemudian dihitung distribusi frekuensinya. Untuk mencari distribusi frekuensi dan peluang ^[16] terlebih dahulu ditentukan :

$$\text{Rentang } (r) = \text{nilai max} - \text{nilai min} \quad (1)$$

$$\text{Banyak kelas } (k) = 1 + 3.322 \log(n) \quad (2)$$

dimana n adalah banyaknya nilai observasi dan k adalah banyaknya kelas,

$$\text{Panjang kelas } (p) = \frac{r}{k} \quad (3)$$

$$\text{Peluang } (P) = \frac{f_{\text{klas}}}{f_{\text{total}}} \quad (4)$$

Selanjutnya untuk menguji perubahan rata – rata pada periode 1 dan periode 2 digunakan uji Mann Withney sebagai uji nonparametrik. Statistik nonparametrik adalah statistik bebas sebaran atau tidak mensyaratkan bentuk sebaran parameter populasi, baik normal atau tidak normal ^[17], kelompok data yang tidak saling berkaitan ^[18], ^[19]. Keuntungan dari penggunaan metode ini yaitu metode non – parametric tidak mengharuskan data terdistribusi normal dan dapat dipakai untuk level data seperti nominal dan ordinal dimana data curah hujan yang digunakan masuk dalam kategori data ordinal. Dengan menggunakan taraf nyata $\alpha = 0.05$ (95%), rumusan hipotesis untuk menarik kesimpulan yang digunakan adalah:

H0: tidak terdapat perubahan rata – rata pada periode 1 dan periode 2

H1: terdapat perubahan rata – rata pada periode 1 dan periode 2

Kemudian, data disusun tanpa memperhatikan kategori sampel. Setelah itu dilakukan penjumlahan peringkat tiap kategori sampel dan menghitung statistik U (Persamaan 5 dan 6). Selanjutnya, menentukan nilai U yang terkecil antara nilai U1 atau U2 ^[15]. Jika jumlah sampel berukuran besar (> 20) dapat didekati dengan sebaran normal (Z) berdasarkan nilai U yang terkecil menggunakan Persamaan 7.

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1+1)}{2} \quad (5)$$

$$U_2 = R_2 - \frac{n_2(n_2+1)}{2} \quad (6)$$

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 \times n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 \times n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (7)$$

Dimana, U_1 = nilai U pada periode 1, U_2 = nilai U pada periode 2, n_1 = jumlah sampel periode 1, n_2 = jumlah sampel periode 2, R_1 = jumlah peringkat sampel untuk periode 1, R_2 = jumlah peringkat sampel untuk periode 2. Setelah mendapatkan nilai Z hitung, dengan $\alpha=0.05$ dapat ditentukan nilai Z Tabel, yaitu 1.96. Penarikan kesimpulan dengan membandingkan Z hitung dan Z Tabel, jika nilai Z hitung $> Z$ Tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima dan begitu pula sebaliknya. Selain itu, penarikan kesimpulan juga dapat dilakukan dengan membandingkan p – value hasil uji, dimana apabila p value < 0.05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Kemudian untuk mendeteksi adanya kecenderungan perubahan curah hujan, digunakan Uji Mann Kendall. Secara umum uji Mann Kendall biasanya digunakan untuk mendeteksi kecenderungan dalam series waktu misalnya untuk fluktuasi yang terjadi di alam. Selain itu, uji Mann Kendall dapat digunakan untuk menganalisis kecenderungan hidrometeorologi ataupun variabilitas iklim. Uji ini secara luas telah digunakan untuk menganalisis data deret waktu, karena sederhana dan robust, memiliki sensitivitas rendah pada data kosong serta tidak memerlukan data yang terdistribusi normal ^[20]. Formula untuk menghitung S statistik Mann Kendall merujuk pada ^{[21], [22]} menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (8)$$

Dimana $j>i$ dan $i = 1, 2, \dots, n-1$, $j=2, 4, \dots, n$ dan n adalah jumlah data yang digunakan. $\text{Sgn}(x_j - x_i)$ dihitung menggunakan Persamaan 9 berikut:

$$\text{Sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{if } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{if } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{if } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (9)$$

Varians dihitung sebagai:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (10)$$

Dimana m adalah jumlah kelompok terikat dalam dataset dan t_i adalah jumlah data dalam terikat ke – i . Kelompok terikat adalah sekumpulan data sampel yang memiliki nilai yang sama. Dalam kasus dimana ukuran sampel $n > 10$, statistik uji normal standar Z_s dihitung menggunakan Persamaan 11:

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } S = 0. \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (11)$$

Nilai Z_s positif menunjukan tren meningkat, sedangkan Z_s negatif menunjukkan tren penurunan. Pengujian tren dilakukan dengan menggunakan tingkat signifikansi tertentu, disimbolkan dengan nilai α . Jika $|Z_s| > Z_{1-\alpha} = 2$, H_0 ditolak dan ada tren signifikan dalam deret waktu. $Z_{1-\alpha} = 2$ diperoleh dari Tabel distribusi normal. Dalam penelitian ini digunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$. Pada tingkat signifikansi 5%, H_0 tentang adanya tren ditolak jika $|Z_s| > 1.96$. Uji Mann – Kendall sering digunakan untuk mengukur signifikansi tren dalam deret waktu hidrometeorologi ^{[23]–[25]}.

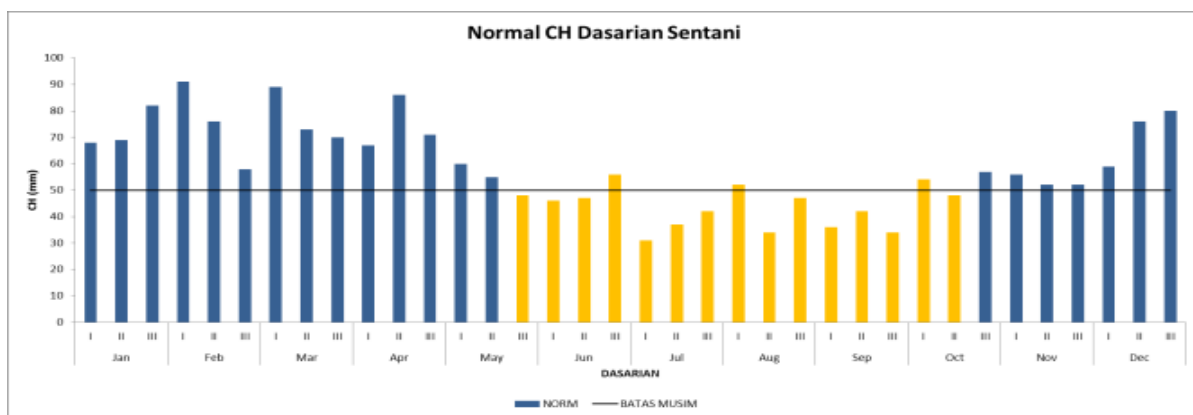
Hasil dan Pembahasan

Pola Curah Hujan Sentani

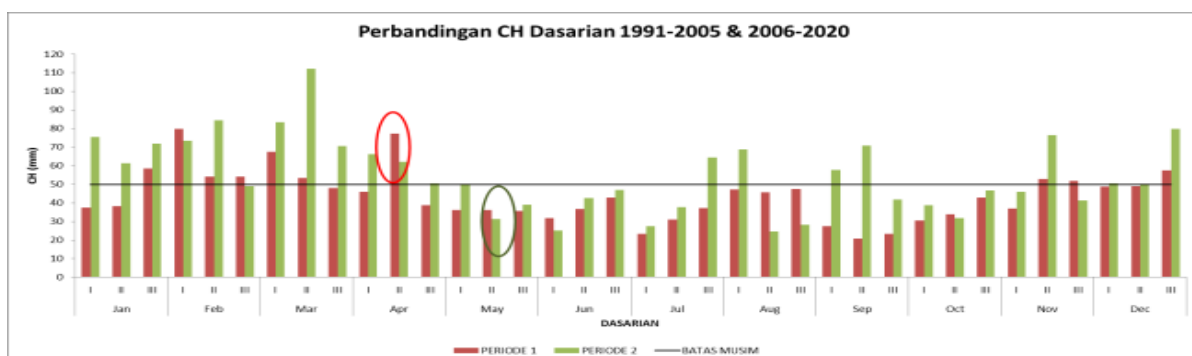
Berdasarkan data normal curah hujan BMKG, Wilayah Sentani secara umum memiliki pola curah hujan monsun yang memiliki ciri khas terdapat perbedaan yang signifikan antara musim hujan dan musim kemarau dalam satu tahun ^[26]. Gambar 1 merupakan grafik normal curah hujan dasarian Sentani. Grafik



warna biru adalah periode musim hujan dan grafik warna kuning adalah periode musim kemarau. Periode awal musim kemarau normalnya terjadi pada Mei dasarian III dan awal musim hujan terjadi pada Oktober dasarian III dengan rata – rata curah hujan tahunan sebesar 2.101 mm . Puncak musim kemarau umumnya terjadi pada bulan Juli – Agustus dan puncak musim hujan terjadi pada bulan Januari – Februari. Gambar 2 merupakan perbandingan curah hujan dasarian antara periode 1 dan periode 2 untuk mengidentifikasi apakah terdapat pergeseran musim hujan dan kemarau antara kedua periode tersebut. Pada periode 1 awal musim kemarau terjadi pada bulan April dasarian II, sedangkan pada periode 2, awal musim kemarau pada bulan Mei dasarian 2. Sehingga, pergeseran awal musim kemarau pada periode 1 terhadap kondisi normal hadir/ datang lebih awal sebesar empat dasarian. Pada periode 2 awal musim kemarau, hadir lebih awal sebesar 1 dasarian dari kondisi normal.



Gambar 1. Grafik Normal Curah Hujan Sentani.

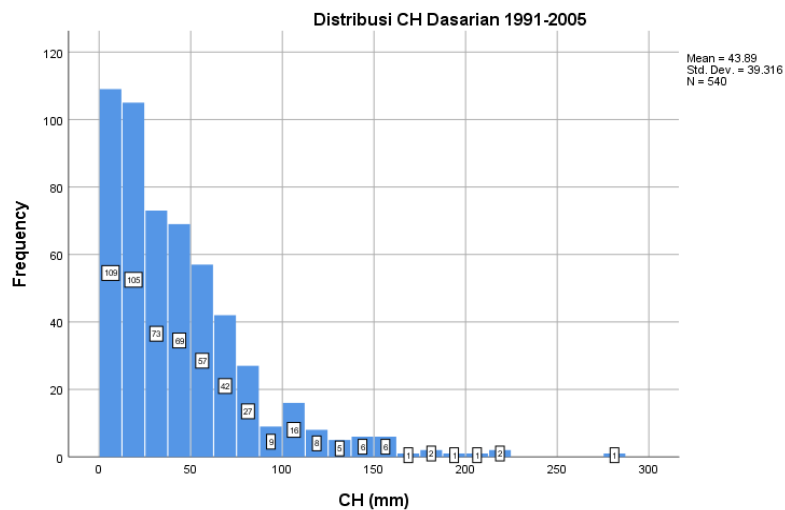


Gambar 2. Perbandingan Curah Hujan Periode 1 dan 2

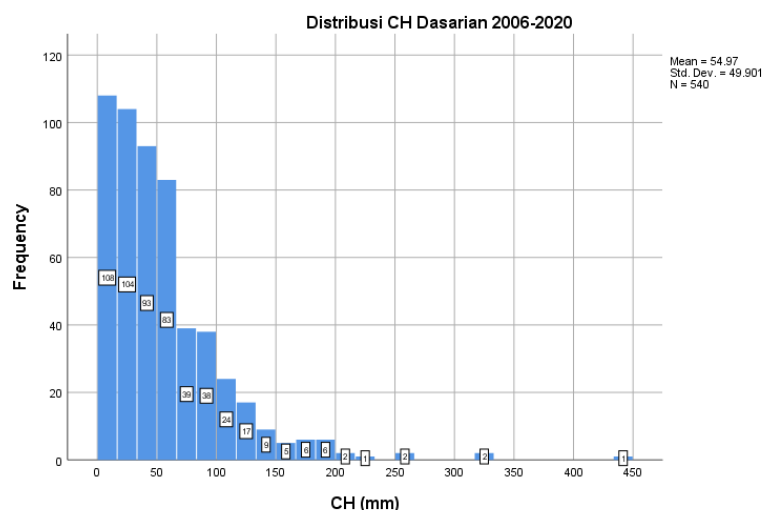
Awal musim hujan pada kedua periode menunjukkan keterlambatan jika dibandingkan dengan kondisi normal. Musim hujan dimulai pada dasarian III bulan Oktober, sedangkan pada periode 1 dan 2, awal musim hujan mundur II dasarian, yaitu pada bulan November 2. Kedua periode tersebut menunjukkan pola curah hujan yang sama, tetapi mempunyai intensitas curah hujan yang berbeda. Pada periode 1, curah hujan dengan intensitas tertinggi terjadi pada bulan Februari dasarian I sebesar 79.9 mm dan intensitas terendah pada bulan September dasarian II sebesar 20.8 mm. Sedangkan pada periode 2 curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Maret dasarian II sebesar 112.3 mm dan terendah pada bulan agustus dasarian II sebesar 24.6 mm. Secara akumulasi, tersebut terjadi peningkatan intensitas curah hujan selama musim kemarau maupun saat musim hujan pada kedua periode tersebut.

Gambar 3 menjelaskan frekuensi curah hujan periode 1 dimana sumbu X adalah interval curah hujan dan sumbu Y adalah frekuensi curah hujan. Penentuan interval curah hujan ditentukan dengan panjang kelas dimana pada periode 1 interval kelas terbagi menjadi 6 kelas dan periode 2 terbagi menjadi 9 kelas. Frekuensi tertinggi curah hujan periode 1 terjadi sebanyak 375 kali yaitu pada rentang curah hujan antara

0 – 50 mm/dasarian. Setelah itu, nilai frekuensi curah hujan semakin menurun untuk rentang interval selanjutnya. Sementara itu, curah hujan tertinggi terjadi 1 kali pada interval 251 – 300 mm/ dasarian.



Gambar 3. Frekuensi Curah Hujan periode 1 :1991 – 2005 di Sentani

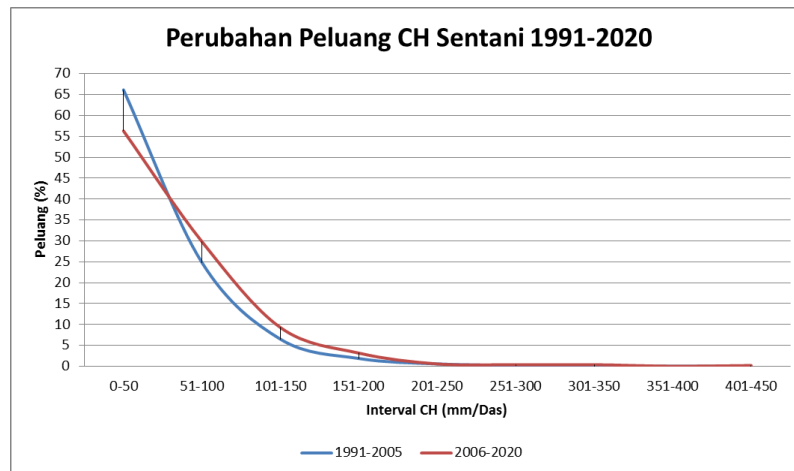


Gambar 4. Frekuensi Curah Hujan periode 2 :2006 – 2020 di Sentani

Gambar 4 frekuensi tertinggi curah hujan periode 2 terjadi sebanyak 304 kali yaitu pada rentang curah hujan antara 0 – 50 mm/ dasarian. Setelah itu, nilai frekuensi curah hujan semakin menurun untuk rentang interval selanjutnya. Curah hujan tertinggi tercatat pada interval 401 – 450 mm/ dasarian sebanyak 1 kejadian.

Jika dibandingkan dengan periode 1, Periode 2 menunjukkan kenaikan curah hujan lebih tinggi yaitu 401 – 450 mm/ dasarian. Selain itu frekuensi kejadian untuk interval kelas 51 – 100, 101 – 150 dan 151 – 200 mm/dasarian pada periode 2 mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan dengan intensitas tinggi semakin sering terjadi pada periode 2 di Wilayah Sentani.

Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa wilayah Sentani mengalami peningkatan curah hujan senilai 8 – 9 mm/ tahun^[27]. Selain perubahan distribusi frekuensi, peluang curah hujan juga digunakan sebagai indikasi awal terjadinya perubahan iklim serta pergeseran musim. Gambar 5 juga menunjukkan terjadinya peningkatan peluang kejadian hujan curah hujan diatas 150 mm/dasarian (nilai peluang dibawah 5%) pada periode II.



Gambar 5. Perubahan Peluang Curah Hujan di Sentani

Hasil Uji U Mann Whitney

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa nilai U untuk periode 1 lebih kecil dari pada periode 2. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata – rata curah hujan dasarian yang signifikan antara periode 1 dan periode 2 di Sentani.

Tabel 1. Uji Mann Whitney Periode 1 dan Periode 2

Statistik	Periode 1	Periode 2
n	540	540
rank sum (R)	271687.5	312052.5
U	125617.5	165982.5

Hasil uji U Mann Whitney diperoleh nilai Z hitung 3.94 lebih besar dari nilai Z Tabel (1.96) sehingga dapat dikatakan bahwa tidak cukup bukti untuk menerima H_0 sehingga H_0 ditolak, H_1 diterima. Selain itu berdasarkan hasil perbandingan nilai p – value menunjukkan bahwa nilai p – value (0.000) lebih kecil dari nilai $\alpha = 0.05$.

Tabel 2. Uji Mann Whitney

Statistik	Nilai
alpha	0.05
tails	2
U terkecil	125617.5
Z hitung	3.94
Z Tabel	1.96
p – value	0.0000
Kesimpulan	H_0 ditolak, H_1 diterima

Hasil Tren Mann Kendall

Untuk mendeteksi perubahan iklim berdasarkan kecenderungan adanya peningkatan atau penurunan curah hujan di Sentani tahun 1991 – 2020 (30 tahun) dilakukan dengan pendekatan non – parametrik yaitu Uji Mann Kendall (MK).

Tabel 3. Uji Mann Kendall

Statistik	Nilai
N	1080
alpha	0.05
S	27327
V (S)	11838.98
Z_s	2.31
<i>p</i> – value	0.02
trend	YES

Hasil Uji MK pada Tabel 3 menunjukkan nilai positif pada Statistik Kendall (S) yang mengindikasikan adanya kecenderungan kenaikan curah hujan selama 30 tahun terakhir di wilayah Sentani dengan tingkat kepercayaan 95%. Selain itu berdasarkan nilai Z_s sebesar 2.31 lebih besar dari Z Tabel 1.96 dan *p* – value sebesar 0.02 lebih kecil dari pada nilai alpha. Sehingga dapat dikatakan bahwa curah hujan memiliki tren yang signifikan, karena berada diluar rentang $Z_{\alpha/2} < Z < Z_{\alpha/2}$ atau H_0 ditolak.

Kesimpulan

Secara umum, berdasarkan data curah hujan di Sentani, telah terjadi perubahan dan pergeseran pola musim dari kondisi normal (1980 – 2010) dimana awal musim kemarau cenderung hadir lebih awal dari normalnya dan awal musim hujan cenderung datang lebih lambat dari kondisi normal. Frekuensi curah hujan meningkat dari periode 1 ke periode 2, terlihat dari peningkatan intensitas curah hujan pada periode 2 dengan interval tertinggi antara 401 – 450 mm/ dasarian, sedangkan pada periode sebelumnya, interval tertinggi hanya mencapai rentang kelas 251 – 300 mm/ dasarian. Hal ini juga sejalan dengan hasil Uji Mann Whitney yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan rata – rata curah hujan yang signifikan antara periode 1 dan periode 2 dimana curah hujan mengalami peningkatan pada periode 2. Uji tren menggunakan Mann Kendall menghasilkan tren positif artinya tren curah hujan selama 30 tahun terakhir mengalami peningkatan yang signifikan.

Daftar Pustaka

- [1] E. Aldrian, M. Karmini, and Budiman, *Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia*, no. November 2011. Jakarta, 2011.
- [2] E. Aldrian and D. Suahyono, *Kamus Istilah Perubahan Iklim*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2013.
- [3] I. M. Sudarma and A. R. As – syakur, “Dampak Perubahan Iklim terhadap Sektor Pertanian di Provinsi Bali,” *SOCA J. Sos. Ekon. Pertan.*, vol. 12, no. 1, pp. 87-98, 2018, doi: 10.24843/soca.2018.v12.i01.p07.
- [4] H. Irvani, M. Bisri, and W. Soetopo, “Studi optimasi pola operasi waduk sutami akibat perubahan iklim,” *J. Tek. Pengair.*, vol. 4, no. 2, 2013.
- [5] I. D. Kusumawardhani and R. Gernowo, “Analisis Perubahan Iklim Berbagai Variabilitas Curah Hujan dan Emisi Gas Metana (CH₄) dengan Metode Grid Analysis and Display System (GrADS) di Kabupaten Semarang,” 2015.
- [6] I. N. Hidayati and S. Suryanto, “Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Pertanian Dan Strategi Adaptasi Pada Lahan Rawan Kekeringan,” *J. Ekon. Stud. Pembangunan.*, vol. 16, no. 1, 2015, doi: 10.18196/jesp.16.1.1217.
- [7] D. N. Utami, “Kajian Dampak Perubahan Iklim terhadap Degradasi Tanah,” *J. Alami J. Teknol. Reduksi Risiko Bencana*, vol. 3, no. 2, pp. 122-131, 2019, doi: 10.29122/alami.v3i2.3744.
- [8] IPCC, *Climate Change 2007: Synthesis Report*, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.



- [9] D. Hidayati, E. Aldrian, D. Sucahyono, M. Climatological, G. Agency, and A. Y. Abdurrahim, *Perubahan Iklim : Upaya Peningkatan Pengetahuan dan Adaptasi Petani dan Nelayan Melalui Radio*, no. February 2018. Bogor: Penerbit Buku Ilmiah Populer, 2012.
- [10] S. B. Surbakti, "Biologi dan Ekologi Thiaridae (Moluska: Gastropoda) di Danau Sentani Papua," *J. Biol. PAPUA*, vol. 3, no. 2, pp. 59-66, 2011.
- [11] B. Hamuna, A. N. Sari, and A. Alianto, "Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Ditinjau dari Geomorfologi dan Elevasi Pesisir Kota dan Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua," *J. Wil. dan Lingkung.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.14710/jwl.6.1.1 – 14.
- [12] O. Setiawan, "Analisis variabilitas curah hujan dan suhu di Bali," *J. Anal. Kebijak. Kehutan.*, vol. 9, no. 1, pp. 66-79, 2012.
- [13] T. Hidayat, "Analisis Perubahan Musim Dan Penyusunan Pola Tanam Tanaman Padi Berdasarkan Data Curah Hujan Di Kabupaten Aceh Besar," *Jurnal Agrista Unsyiah*, vol. 15, no. 3, pp. 87-93, 2011.
- [14] I. Juaeni, "Analisis Variabilitas Curah Hujan Wilayah Indonesia Berdasarkan Pengamatan Tahun 1975 – 2004," *Matematika*, vol. 9, no. 2, 2006.
- [15] J. Supranto, "Statistik teori dan aplikasi. Edisi 7. Jilid 2," Jakarta. Erlangga, 2010.
- [16] J. Visa, "Perubahan Iklim Ditinjau Dari Distribusi Frekuensi Curah Hujan," Bandung, 2013.
- [17] T. Sriwidadi, "Penggunaan Uji Mann – Whitney pada Analisis Pengaruh Pelatihan Wiraniaga dalam Penjualan Produk Baru," *Binus Bus. Rev.*, 2011, doi: 10.21512/bbr.v2i2.1221.
- [18] R. A. Levine and D. S. Wilks, "Statistical Methods in the Atmospheric Sciences," *J. Am. Stat. Assoc.*, 2000, doi: 10.2307/2669579.
- [19] R. H. Virgianto and D. Akbar, "Analisis Konsentrasi PM2.5 Selama Penyelenggaraan Asian GAMES Ke – 18 di Jakarta," *STATMAT (Jurnal Stat. dan Mat.*, vol. 1, pp. 44-62, 2019.
- [20] D. R. Helsel and R. M. Hirsch, *Statistical methods in water resources*. 2002. doi: 10.2307/1269385.
- [21] H. B. Mann, "Nonparametric Tests Against Trend," *Econometrica*, vol. 13, no. 2, pp. 245-259, 1945, doi: 10.2307/1907187.
- [22] M. G. Kendall, *Rank Correlation Methods*. 4th Edition. 1957.
- [23] S. Yue, P. Pilon, B. Phinney, and G. Cavadias, "The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series," *Hydrol. Process.*, vol. 16, no. 9, pp. 1807-1829, 2002, doi: 10.1002/hyp.1095.
- [24] H. Tabari, S. Marofi, A. Aeini, P. H. Talaei, and K. Mohammadi, "Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran," *Agric. For. Meteorol.*, vol. 151, no. 2, pp. 128-136, 2011, doi: 10.1016/j.agrformet.2010.09.009.
- [25] M. Gocic and S. Trajkovic, "Analysis of changes in meteorological variables using Mann – Kendall and Sen’ s slope estimator statistical tests in Serbia," *Glob. Planet. Change*, 2013, doi: 10.1016/j.gloplacha.2012.10.014.
- [26] Tukidi, "Karakter Curah Hujan di Indonesia," *Jurnal Geografi*, vol. 7, no. 2. 2010.
- [27] N. Puspitasari and O. Surendra, "Analisis Tren Perubahan Suhu Udara Minimum Dan Maksimum Serta Curah Hujan Sebagai Akibat Perubahan Iklim Di Provinsi," *SAINS*, vol. 16, no. 2, pp. 66-72, 2016.

